

## 減衰力応答性改良バルブの開発

君嶋 和之 ・ 山中 賢 ・ 山本 直紀

### 1 はじめに

ショックアブソーバ（以下SA）の性能を表す指標として、SAのストローク速度に対して発生するピーク減衰力をプロットした減衰力-速度特性線図がもっとも一般的であるが、これは準静的な指標であり動的な性能評価には適していない（図1）。

一方、ある一定の周波数及び振幅でSAを加振した時のストローク速度に対して発生した力を連続的にプロットしたものを減衰力-周波数特性線図といい、これはSAの動的な性能指標のひとつである（図2）。

メカニズムは後述するが、一般的にSAでは封入された作動油がSAのストロークにより移動し、ある油路を通過する際に生じる絞り抵抗により、減衰力を発生する。このため、作動油そのものが持つ慣性力や圧縮性の影響により、加振速度に対してある遅れをもって減衰力が発生する。

この遅れは減衰力-周波数特性線図における波形の幅となって現れ、「減衰力ヒステリシス」と呼ばれるとともに、これが小さいほど減衰力応答性が高いとされる（図2）。

本報では減衰力応答性を改良するためのバルブ開発、及び既存バルブの活用手法を紹介する。

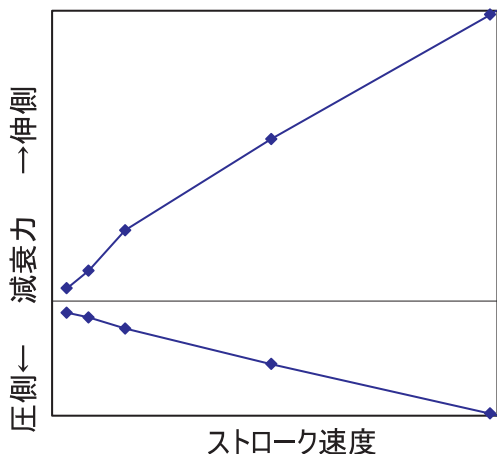


図1 減衰力-速度特性線図

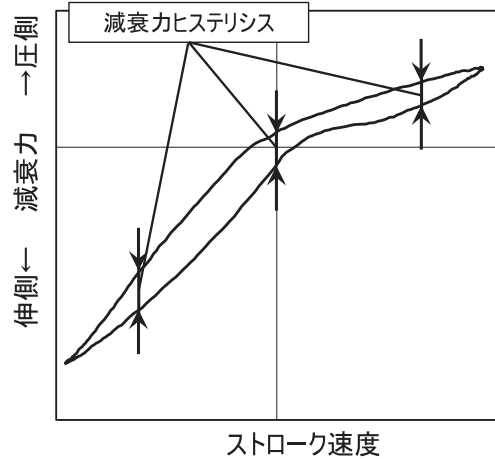


図2 減衰力-周波数特性線図

### 2 自動車メーカーの要求

減衰力応答性に対する要求・条件は各自動車メーカー・各車両によって様々であり、また各車両に及ぼす影響についても一概には言えるものではないが、加振速度に対する減衰力発生が遅れは、車両の挙動に対して起振力となって作用し、振動を増長させる場合があるため、一般的には減衰力応答性は高い方が良いとされる。

### 3 車両での訴求点

SAの減衰力応答性が良いと、車両の挙動に同期した適切な減衰力が得られる。操舵初期や良路走行のようなストローク速度が低い領域では、SAの作動初期からしっかりと減衰力を発生させ、ステアリング手応えや質感の向上が見込まれる。一方、比較的大きな路面の凹凸が連続して入力されるような、ストローク速度が高い領域では、路面との追従性や接地性の向上が見込まれる。

#### 4 減衰力発生メカニズム

KYB標準ピストンバルブ・ベースバルブを例に、減衰力の発生原理を説明する。

SAのストロークとともに、ピストンバルブ・ベースバルブにはそれぞれ、SAのサイズに応じた流量・流量比で作動油が通過する。各バルブにおいて上流側に位置するバルブは開かずチェック弁として機能し、下流側に位置するバルブは開弁し、その寸法諸元等により各バルブの流量－圧力特性が決まり、SAの諸特性が決定される。

通常伸行程時は、ベースバルブにはリターンバルブとしての機能しか持たせず、圧力特性をほぼ持たないものとして扱うため、SAの諸特性はピストンバルブのみによって調整・決定される(図3)。

これに対し圧行程時は、ピストン側・ベースバルブ側双方のバルブを減衰力の調整に用いることが可能なため、同一の減衰力－速度特性であっても、各バルブの発生差圧の分担比率を様々に調整でき、このバランスによってSAの諸特性が決定される(図4)。

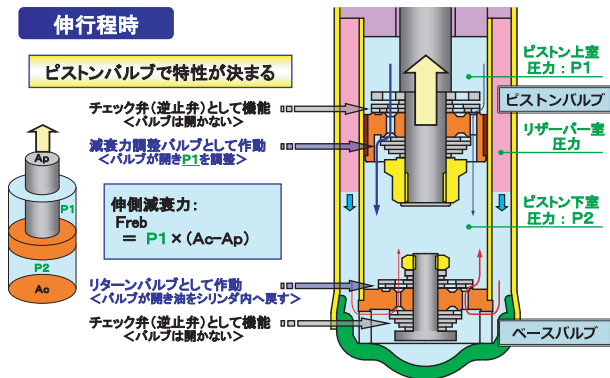


図3 伸行程時の減衰力発生メカニズム

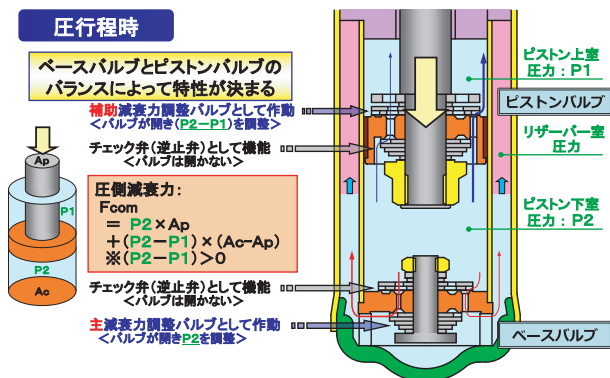


図4 圧行程時の減衰力発生メカニズム

#### 5 減衰力応答性改良アイテム

##### 5.1 ピストンバルブの開発

KYB標準仕様である従来ピストンバルブは、ピストンの内面側に環状のシート面を採用している(図5(a))。これに対し減衰力応答性の改良を考慮し、内面側のシート面をスポット状に変更したピストンバルブを新開発した(図5(b))。

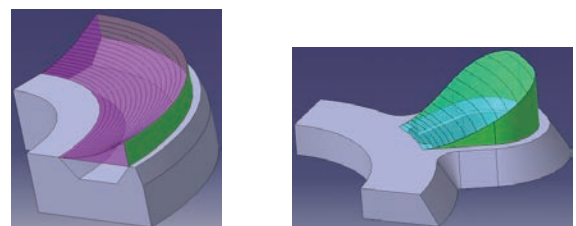


(a)従来ピストンバルブ (b)開発ピストンバルブ

図5 ピストン内面側シート面形状

シート面をスポット状とすることで、同一のバルブ開口面積(=同一の減衰力)を得るために必要な、作動油の移動体積(=加圧室の体積増加)が比較的小さく抑えられ、所要の減衰力を発生させるまでの時間を短縮させることで、減衰力応答性の向上を図った。

図6(a)、(b)は、従来ピストンバルブと開発ピストンバルブの伸側バルブ開口時の作動油の移動体積である。従来品を100%とした時、開発品では約80%であり、減衰力応答性の向上が期待できる。



(a)従来ピストンバルブ (b)開発ピストンバルブ

図6 バルブ開口時の加圧室作動油移動体積模式図(伸行程時)

また、本バルブの開発に当たっては、流体解析ソフトウェア ANSYS® CFX を活用し、バルブ開口時の作動油流線の衝突軽減やスムーズ化を考慮し、詳細形状設計を実施した(図7)。

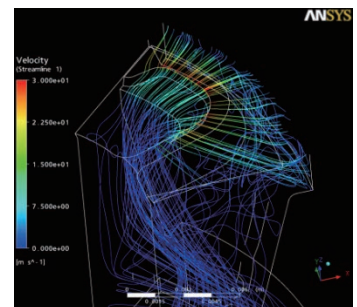


図7 流体解析結果例(圧行程時)

本バルブの適用により、ストローク速度0における減衰力ヒステリシスは、従来品に対し73%低減し、減衰力応答性の大幅な向上が確認できた（図8）。

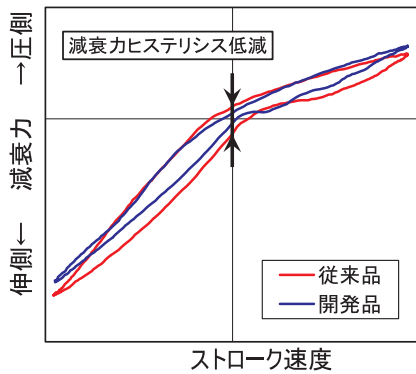
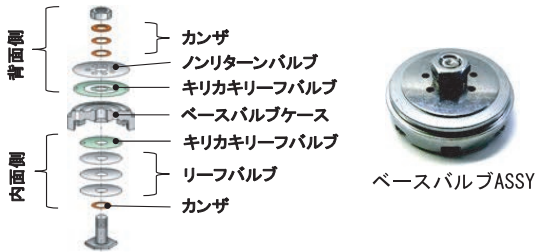


図8 減衰力-周波数特性（ピストンバルブ違い）

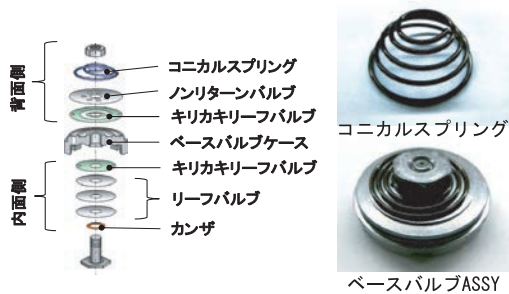
### 5.2 ベースバルブの開発

従来ベースバルブは、主に内面側バルブで圧行程時の減衰力を発生させ、背面側は伸行程時にリターンバルブとして作動する構造である（図9(a)）。

これに対し開発ベースバルブは、背面側にコンカスプリングを追加し、伸側の微低速減衰力をわずかながら付加する事でヒステリシスの低減を狙ったものである（図9(b)）。



(a)従来ベースバルブ



(b)開発ベースバルブ

図9 ベースバルブ構造比較

ベースバルブ背面側にセット荷重を与えることにより、圧→伸への行程切替わり付近の減衰力傾きが大きくなるため、減衰力ヒステリシスが低減し、減衰力応答性の向上が確認できた（図10）。

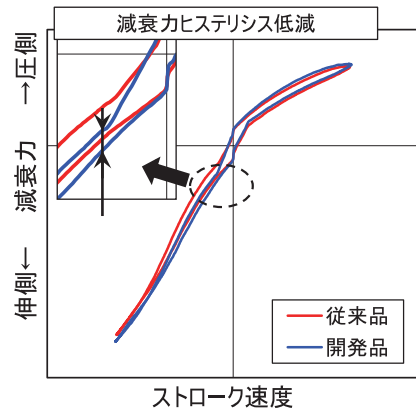


図10 減衰力-周波数特性（ベースバルブ違い）

### 5.3 圧行程時圧力分担率の適正化

前述の通り、圧行程時はピストンバルブとベースバルブ双方で減衰力を発生させるため、同一の減衰力速度特性であっても、各バルブの発生差圧の分担比率を様々に調整でき、このバランスによってSAの諸特性が変化し、実車フィーリングが変化することが経験的に分かっている。

圧行程時のベースバルブ発生差圧に対する、ピストンバルブの発生差圧の比を「圧力分担率」、ピストン上下室の最大圧力と最小圧力の差を各室の「圧力振幅」と定義しこれらを整理すると、各室の圧力振幅の合計値は、ある圧力分担率の適値を以て最小となり、また適値より低い場合の方が、高い場合よりも圧力振幅が大きくなることが分かった（表1）。

各室の圧力振幅が小さいほど増圧にかかる時間、および作動油の体積変化が小さく、減衰力応答性は向上すると考えられる。

表1 圧行程時圧力分担率と圧力振幅の関係

圧行程時 圧力分担率		低	適値	高
圧力 振幅	ピストン 上室	大	最小	小
	ピストン 下室	大	最小	小
	トータル	大	最小	小
応答性		×	○	△

以上のことから、ストローク速度が微低速～低速のオリフィス領域については、ガス封入を前提として、中速度のバルブ領域についてはピストン上室圧が負圧とならないよう考慮し、図11に示すように圧力分担率を新ガイドラインとして設定することで、バルブ仕様の選択とは別に、減衰力応答性の向上を図る方策を設定することができた。

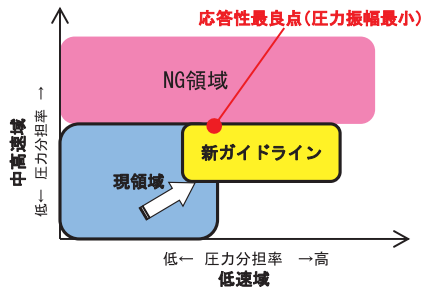


図11 圧行程時圧力分担率 ガイドライン

#### 5.4 ピストン内背面オリフィス分散

ピストン部のオリフィス（図12）は、各車両目標性能に合わせ、面積と配置を決定している。オリフィス域からバルブ域への切替わりのスムーズさが減衰力応答性にも影響していると考え、検証を実施した。



図12 ピストンバルブ構造

オリフィスを内面側のみ、または背面側だけに配置した仕様に対して、内背面に断面積配分で50%ずつ分散した仕様は、わずかながらヒステリシスの減少と繋がりのなめらかさが確認できた（図13）。

差は僅かだが、行程切替わり時のピストンロッド

加速度低減効果も確認できたことから、スムーズな開弁が実現できているといえ、オリフィスを内背面に分散した方が性能面で有利であることを確認した。

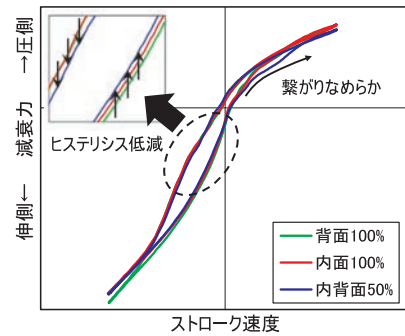


図13 減衰力-周波数特性（オリフィス違い）

## 6 お客様の採用状況

開発ピストンバルブは本年11月より量産化が決定しており、現在も複数のお客様に対し車種展開も含め、採用に向けた開発を進めている。開発ベースバルブは2012年5月より量産を開始し、ともに今後採用車種・生産数を拡大する見込みである。

## 7 おわりに

減衰力応答性に着目した新規アイテムの開発及び既存部品の活用方法の適正化を図ることにより、SAの高応答性を実現し、エンドユーザには質感が高く安心感のある車両を提供できるようになった。

最後に、本開発にあたりご指導、ご協力頂いた関係各位に、この場を借りて厚くお礼申し上げます。

## 著者



君嶋 和之

2000年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部技術統轄部サスペンション技術部第一設計室。ショックアブソーバの開発に従事。



山中 賢

2007年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部技術統轄部サスペンション技術部第一設計室。ショックアブソーバの開発に従事。



山本 直紀

2008年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部技術統轄部サスペンション技術部第一設計室。ショックアブソーバの開発に従事。